

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Inženjerska ekonomika 1

Rizik i nesigurnost

21. prosinca 2020.

Uvod

- U dosadašnjim ekonomskim modelima koje smo spominjali pretpostavljali smo:
 - **potpunu informiranost** svih agenata;
 - **potpunu izvjesnost** svih njihovih poteza i posljedičnih ishoda.
- U stvarnom životu ekonomskih subjekata (od pojedinaca i kućanstava, preko pojedinih poduzeća, industrija, državnog aparata, nacionalnih ekonomija, pa sve do globalne ekonomije) **potpuna informiranost i izvjesnost ne postoje**.
- Ekonomski život odvija se u uvjetima **rizika i neizvjesnosti**, i ništa u ekonomici **nije u potpunosti determinirano**.
- Ciljevi današnjeg predavanja su:
 - upoznavanje s pojmovima **rizika i neizvjesnosti**;
 - kategorizacija najvažnijih rizika u **poslovanju poduzeća**, s naglaskom na **projektne rizike**;
 - **mjerenje i izražavanje** rizika u poslovnom kontekstu;
 - rizici u **složenim portfeljima i diversifikacija rizika**.

Rizik

- Rizik je varijacija mogućih ishoda u budućnosti.
- Što je veća
 - vjerojatnost pojave štetnih odstupanja od očekivanih ishoda, i
 - jakost utjecaja štetnih odstupanja na ukupan proces,

to je IZLOŽENOST RIZIKU veća.

- RIZIK je mjerljiv statističkim metodama,
pa se njime MOŽE UPRAVLJATI.
- Projektni rizik je kumulativni efekt slučajnih i neizvjesnih događaja koji mogu uzrokovati nepovoljne efekte za postizanje ciljeva projekta.₃

Objektivan i subjektivan rizik

- Objektivan rizik je varijacija ishoda koja STVARNO POSTOJI u sustavu.
- Subjektivan rizik je PROCJENA objektivnog rizika.
- Osobe koje procjenjuju rizik djeluju najčešće u okolini NEPOTPUNIH INFORMACIJA.
 - Stoga rizik često nema smisla kvantificirati suviše detaljno.

Osigurljivost rizika

- Čisti (osigurljivi) rizici:
 - osobni;
 - imovinski;
 - vlastita odgovornost;
 - odgovornost drugih;
 - propust drugih;
- Neosigurljivi:
 - špekulativni;
 - politički i pravni;
 - tehnološki.

Vanjski pokretači rizika

- prirodne nepogode i katastrofe;
- naglo povećanje ljudskog znanja i tehnološki napredak;
- globalizacija;
- poslovna okolina, posebno pravni i regulatorni sustav;
- povećanje konkurencije, pogotovu na globalnom tržištu;
- povećani tempo društvenih, političkih i gospodarskih promjena;
- povećanje svijesti i očekivanja potrošača, poreznih obveznika, radnika, građana...

Unutarnji pokretači rizika

- Ljudski faktor:
 - pogreške, nekompetencija, loša namjera
- Poslovni procesi:
 - neodgovarajuće procedure, kontrole, izvješćivanje i odlučivanje
- Tehnička podrška upravljanju rizicima:
 - pogreške u modelima ili njihovoj primjeni, neodgovarajući alati i postupci za mjerenje rizika

Pojam rizika

- Intenzitet rizika je, u osnovi, kombinacija vjerojatnosti nastupanja štetnog događaja i veličine njegovih posljedica.
- Na primjer, za ljude u vašoj životnoj dobi i s vašim životnim navikama
 - Vjerojatnost da ćete se tijekom siječnja 2021. zaraziti korona virusom je razmjerno velika (npr. 10%).
 - Međutim, štetne posljedice **za vas osobno** su očekivano male (nekoliko dana *out*)
 - Rizik = vjerojatnost × šteta → mali očekivani iznos
- No, **JESTE LI U TOM PRORAČUNU UZELI U OBZIR SVE VARIABLE?**
- Vratimo se u kontekst poslovanja:
Smije li poduzeće voditi računa **samo o sebi**, a **drugima nanositi štetu**?

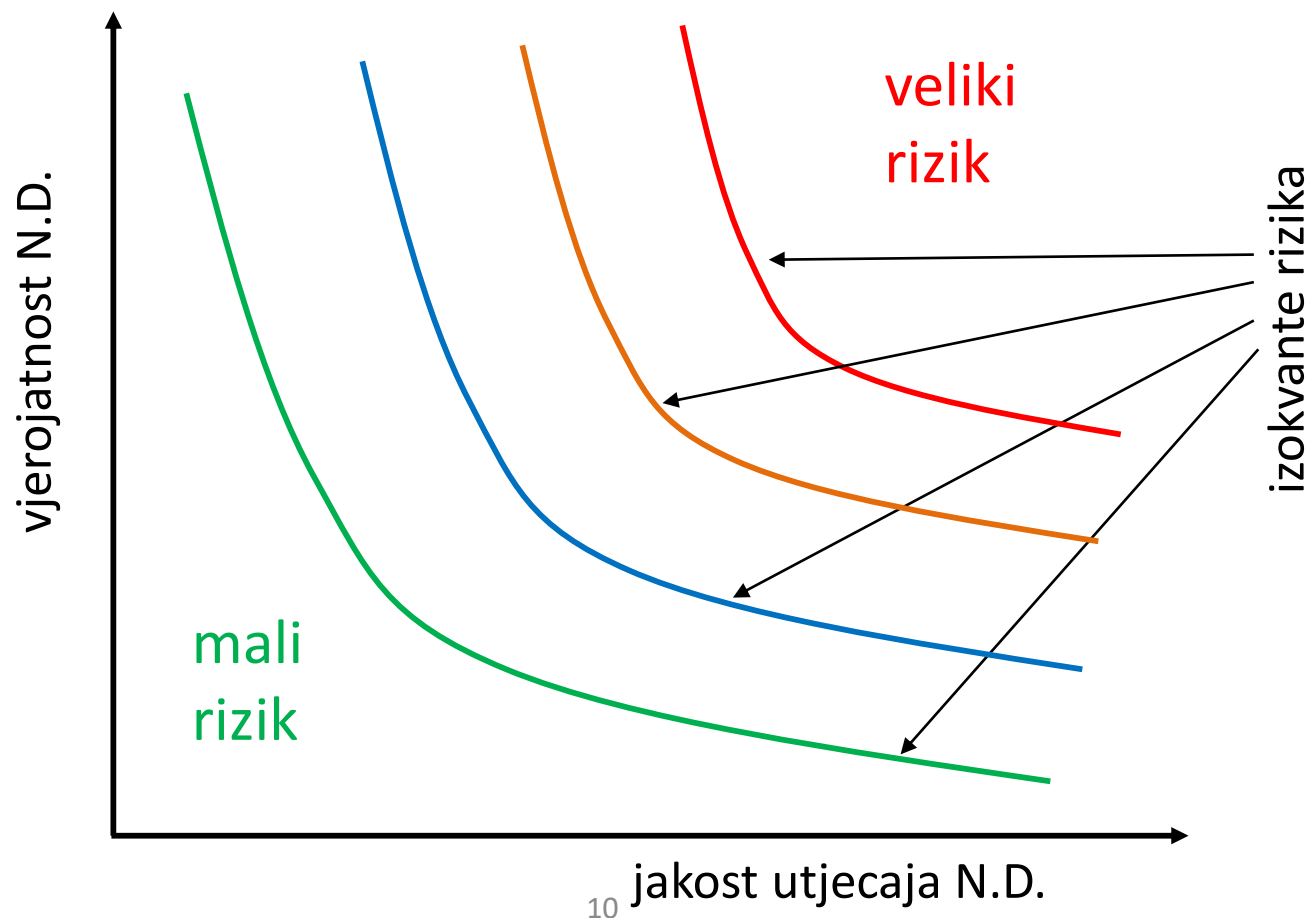
Rizik i neizvjesnost

- **Rizik je vjerojatnost nastanka nekog nepovoljnog ili štetnog događaja**, koju je moguće odrediti i izmjeriti, odnosno općenito, statistički modelirati.
- **Neizvjesnost je okolnost u kojoj ne postoji dovoljno točna spoznaja o vjerojatnosti nastanka štetnog događaja**, nego samo svijest o mogućnosti njegove realizacije.
- **Utjecaj rizika** ne može se iskazati samo vjerojatnošću nekog štetnog događaja. Mora se uzeti u obzir **barem još i veličina (magnituda, jakost) štetnog događaja, dođe li do njegove realizacije**.
- Stoga je **poslovni rizik** uobičajeno iskazivati **umnoškom vjerojatnosti i vrijednosti štetnog događaja**.
- Pojam **utjecaja rizika** ostvarenja nekog štetnog događaja:

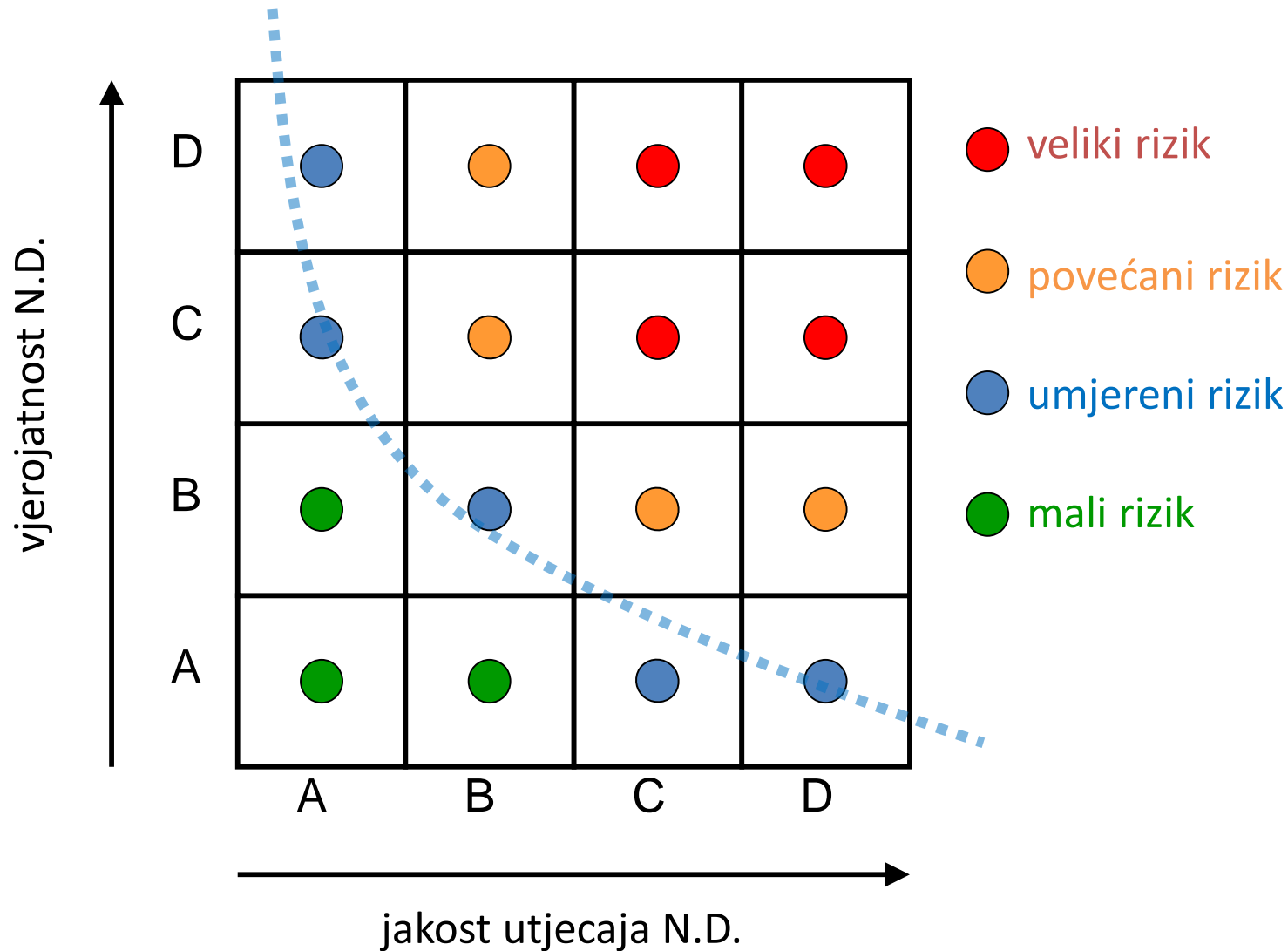
$$\text{vjerojatnost nastanka štetnog događaja} \times \text{očekivana financijska vrijednost štete}$$
$$P \times V$$

Pojam rizika

Rizik = jakost utjecaja
neželjenog
događaja * vjerojatnost
neželjenog
događaja



Prikaz izloženosti riziku u $N \times N$ matrici



Odluke o prioritetima u kontroli rizika zahtijevaju ponekad kompleksne analize...

- Kako odabrati rizik kojega ćemo “napasti”?
 - Kolika je izloženost tom riziku, a kolika drugima?
 - *Timing...* koliko je vjerojatno da će se uskoro realizirati taj rizik?
-> Ovo je vrlo zavaravajuće pitanje.
- Kolika je učinkovitost “napada” na taj rizik?
 - Kolika je vjerojatnost da ćemo uspjeti?
 - Koliki će ostati rezidualni rizik?
- Koliki su troškovi “napada” na taj rizik?
 - Je li taj rizik vrijedan troška?
 - Možemo li si priuštiti da ga “napadnemo”?
 - Možemo li si priuštiti da ga NE “napadnemo”?
- Primjeri za diskusiju:
 - Gradnja riječnog nasipa: DA \leftrightarrow NE ---> O čemu ovisi odluka?
 - Što je pokazala kriza s novim korona virusom?

Kvantitativna analiza rizika – alati i tehnike

- EMV (Expected Monetary Value)
- Analize osjetljivosti (Sensitivity Analysis)
- Modeliranje i simulacije
- Stablo odlučivanja (Decision Tree)
- Ekspertna procjena

EMV - primjer

	<u>Trošak</u>	<u>Vjerojatnost</u>	
Optimistički scenarij	€100.000	0,20	} $\Sigma = 1$
Prosječni (očekivani) scenarij	€130.000	0,60	
Pesimistički scenarij	€180.000	0,20	

Izračun očekivane vrijednosti (EMV):

Optimistički €100.000 x 0,20 = 20.000

Očekivani €130.000 x 0,60 = 78.000

Pesimistički €180.000 x 0,20 = 36.000

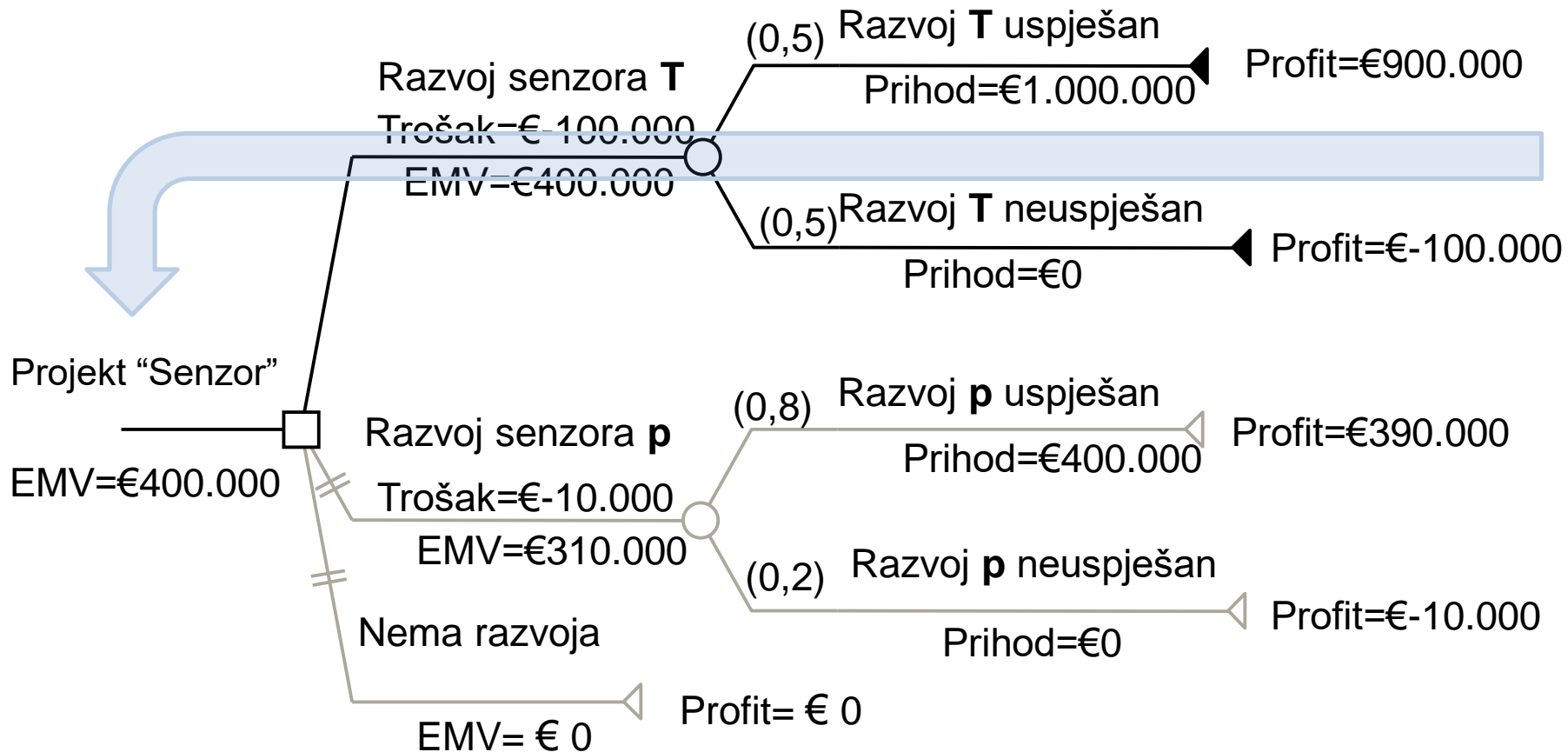
Expected Monetary Value €134.000

A ako nisu poznate vjerojatnosti, onda...

$EMV^* = (Opt. + 4 * Oček. + Pes.) / 6$

$EMV = (€100k + 4 * €130k + €180k) / 6 = \textbf{€133.333}$

Stablo odlučivanja – primjer: razvoj proizvoda „senzor”



Ekspertna procjena

Ekspertna procjena se najčešće koristi umjesto ili kao dodatak matematičkim i statističkim tehnikama.

Koriste se sljedeća znanja:

- Ekspertna znanja članova tima
- Ekspertna znanja izvan poduzeća
- Publicirana ekspertna znanja
- Statistički podaci i analizi u industriji

Investicijski projekt kao rizičan instrument ulaganja

- Što je to **vlastita rizičnost investicijskog projekta**?
 - Ona je prvenstveno predmet **tehničke** analize.
- Rizičnost projekta kao takvog procjenjuje se, u načelu, **investicijskom studijom (studijom izvedivosti)**, koja je temeljna podloga za odlučivanje vrhovnog managementa poduzeća.
 - U bitnome, suština analize izvedivosti projekta je **procjena NPV-a i njegove varijabilnosti**.
- Već smo se upoznali s fenomenologijom rizičnosti procjene NPV-a:
 - novčani odljevi ne mogu biti savršeno točno poznati;
 - novčani priljevi ne mogu biti savršeno točno poznati;
 - diskontna stopa ne može biti savršeno točno poznata.

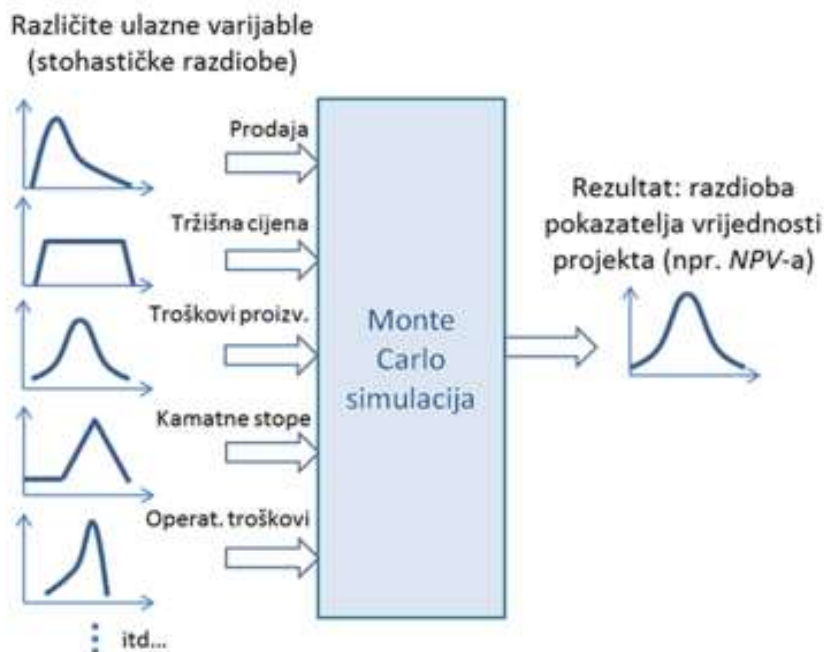
Analiza osjetljivosti

- Više-scenarijska analiza u kojoj se variraju pretpostavke modela.
- Do prije 20-30 godina radilo se najčešće tako da su se predviđela tri scenarija.
- Na primjer, kad se planiralo ulaganje u hidroelektranu, predviđanja godišnje proizvodnje energije radila su se u tri varijante:
 - Loša hidrologija (sušna godina)
 - Prosječna hidrologija (normalna godina)
 - Dobra hidrologija (kišna godina)
- Svaka od te tri inačice hidrologije ima iskustveno utvrđenu
 - vjerojatnost pojave (npr. 1 od 7 godina je izuzetno kišna...) i
 - kvantifikaciju što pojedina kategorija znači
(očekivana ukupna količina padalina u godini u tim kategorijama)
- Poanta toga je utvrđivanje **OČEKIVANE** vrijednosti elektrane, te kvantifikacije **VARIJABILNOSTI** te vrijednosti u odnosu na očekivanu.

Analiza osjetljivosti

- U današnje vrijeme moguće je raditi multi-scenarijske analize s, ako treba, i milijunima pojedinačnih scenarija.

Monte Carlo analiza osjetljivosti



Varijabilnost...

- Osnovni scenarij, uz WACC = IRR osnovnog scenarija:

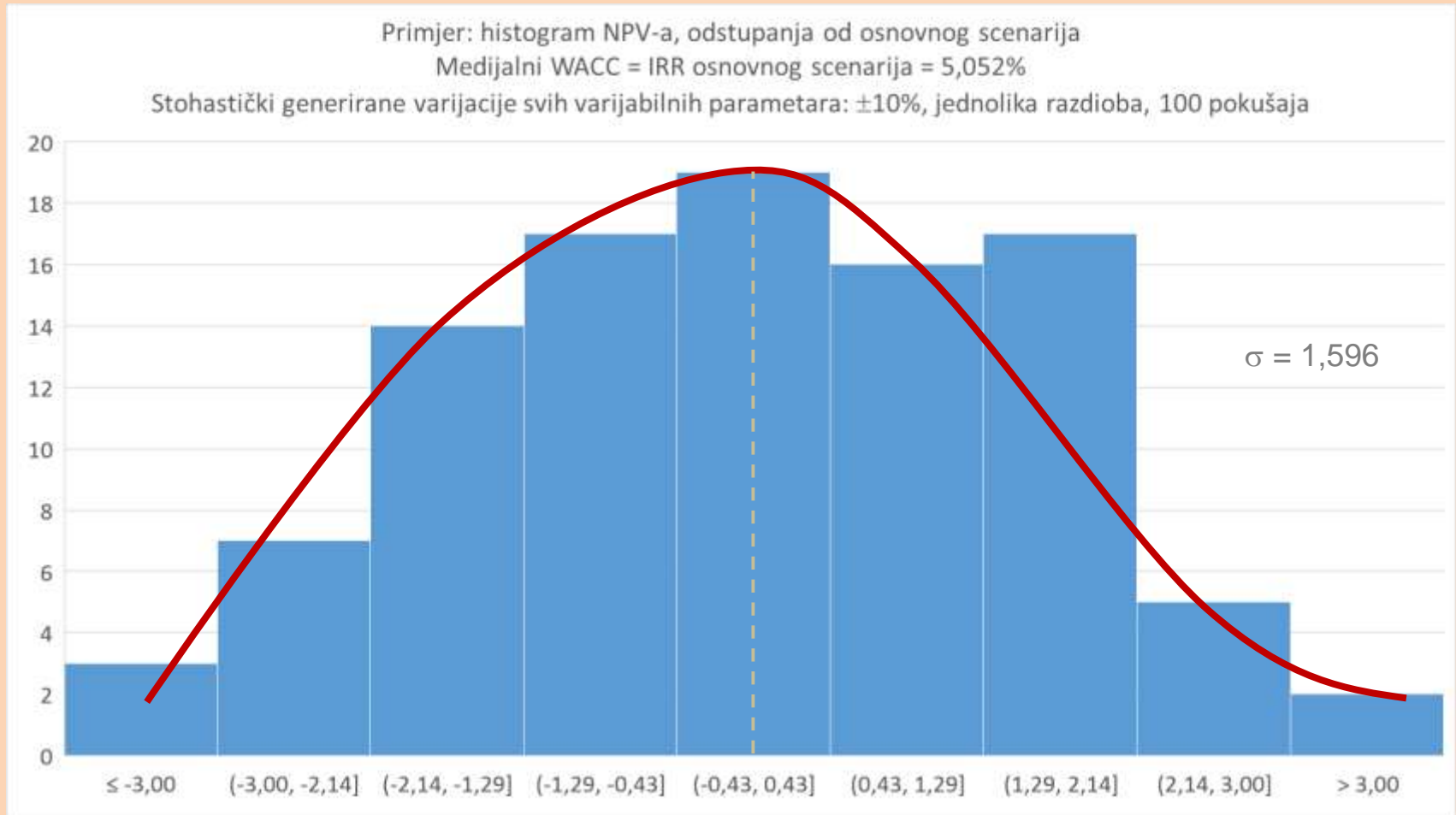
Godina	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
Priljev od kredita uzetog za početno ulaganje (M€)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planirana prodaja proizvoda (tisuće pari cipela)	0	20	50	80	100	100	100	115	115	115	115	130	130	130	130
Planirana prosječna cijena cipela (€)	0	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	65	65	65	65
Planirani priljev novca od prodaje proizvoda (M€)	0	1	2,5	4	5	5	6	6,9	6,9	6,9	6,9	8,45	8,45	8,45	8,45
Odljev novca na rate kredita (M€)	0	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	0	0	0	0
Planirani odljev novca (svi ostali izdaci; M€)	10	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4	4
Neto planirani priljev novca iz poslovanja (M€)	0	-5,295	-3,795	-2,295	-1,295	-1,295	0,205	1,105	1,105	1,105	1,605	4,450	4,450	4,450	4,450
Prosječni pretpostavljeni WACC (%)	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052	5,052
Diskontirani neto planirani priljev novca (M€)	0	-5,040	-3,439	-1,980	-1,063	-1,012	0,152	0,783	0,745	0,709	0,980	2,463	2,345	2,232	2,125
Kumulativni diskontirani tijek novca (M€)	0	-5,040	-8,479	-10,459	-11,522	-12,534	-12,382	-11,599	-10,854	-10,145	-9,165	-6,702	-4,357	-2,125	0,000
Potrebno uk. ulaganje iznad već uzetog kredita (M€)	12,53														
NPV (M€)	0,000														

- Evo koje sam ulazne parametre varirao u Excel kalkulatoru pomoću funkcije **rand** za $\pm 10\%$ od ovdje prikazanih vrijednosti...
- Generiranje slučajnih podataka sam izvršio ukupno 100 puta.

Jedan primjer za usporedbu

[illegible][illegible]

Kakvima su ispale NPV vrijednosti u 100 stohastički generiranih scenarija?



Rizici u poslovanju

- Rizici ne postoje samo u području ulaganja u realne investicijske projekte ili investiranja u financijsku imovinu (dionice, obveznice...)
- Oni se javljaju i u svakodnevnom poslovanju poduzeća, na svim vremenskim horizontima
 - od kratkoročnih rizika vezanih za trenutnu likvidnost... .. sve do
 - dugoročnih strateških rizika vezanih za razvoj tržišnog položaja poduzeća, te sposobnost održivog generiranja prihoda, odnosno dobiti iz poslovanja

Primjer poslovnog rizika

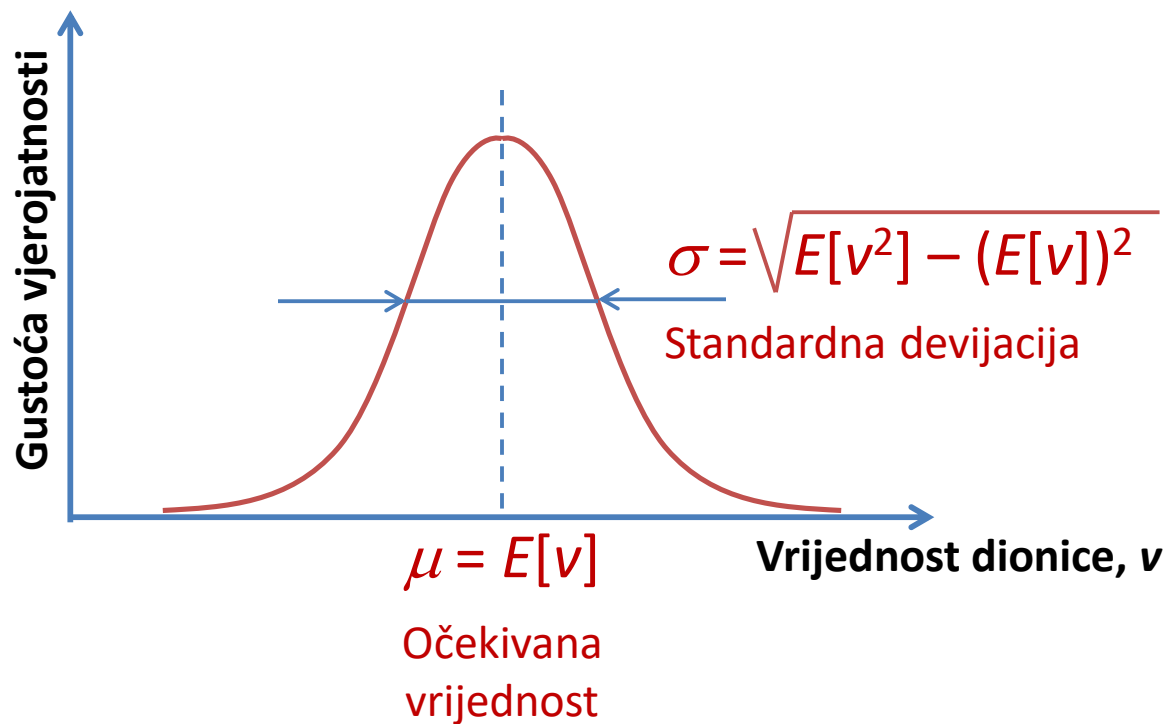
Nabava strateških sirovina



Na slici su prikazane cijene čelika na Londonskoj burzi metala u razdoblju od tri godine (1.1.2010. do 31.12.2012.)

Izvor: www.lme.com)

Statističko mjerenje i iskazivanje veliĉine rizika



- **Primjer:** Vrijednost dionice poduzeća, v , ima normalnu (Gaussovu) razdiobu, ĉiji su parametri:
 - Oĉekivana vrijednost μ ;
 - Standardna devijacija, σ , koja je **mjera riziĉnosti** vrijednosti poduzeća.

Je li σ dobra mjera rizika?

- S jedne strane, raspršenje vrijednosti imovine (npr. dionica nekog poduzeća) oko očekivane vrijednosti prirodno se može smatrati mjerom **rizičnosti**, ili preciznije, **odstupanja** od očekivane vrijednosti.
- Međutim, u **psihologiji ljudi** je da **pozitivna vrijednosna odstupanja** ne doživljavaju kao lošu pojavu, nego kao dobru.
- U poslovanju, realizacija nekog rizika uvijek ima **negativnu konotaciju**.
 - **Primjer:** Vjerojatno nikad niste čuli da se netko **hvali** da je izgubio na kladionici ili prilikom ulaganja u dionice. S druge strane, veliki dobici se uvijek brzo proćuju.
- Dakle, u poslovanju pod pojmom realizacije rizika najčešće podrazumijevamo realizaciju **štetnog** događaja, dakle **pada vrijednosti imovine ispod određene minimalno prihvatljive razine**.
- Stoga je potrebno definirati mjeru rizika koja je **bitno različita od standardne devijacije**, jer se odnosi **samo na realizaciju neprihvatljivo male vrijednosti imovine**.
 - Gotovo sve rizike možemo, više ili manje izravno, dovesti u kontekst vrijednosti imovine. Svaka neplanirana šteta koju poduzeće pretrpi vodi ka smanjenju vrijednosti imovine poduzeća za odgovarajući iznos.

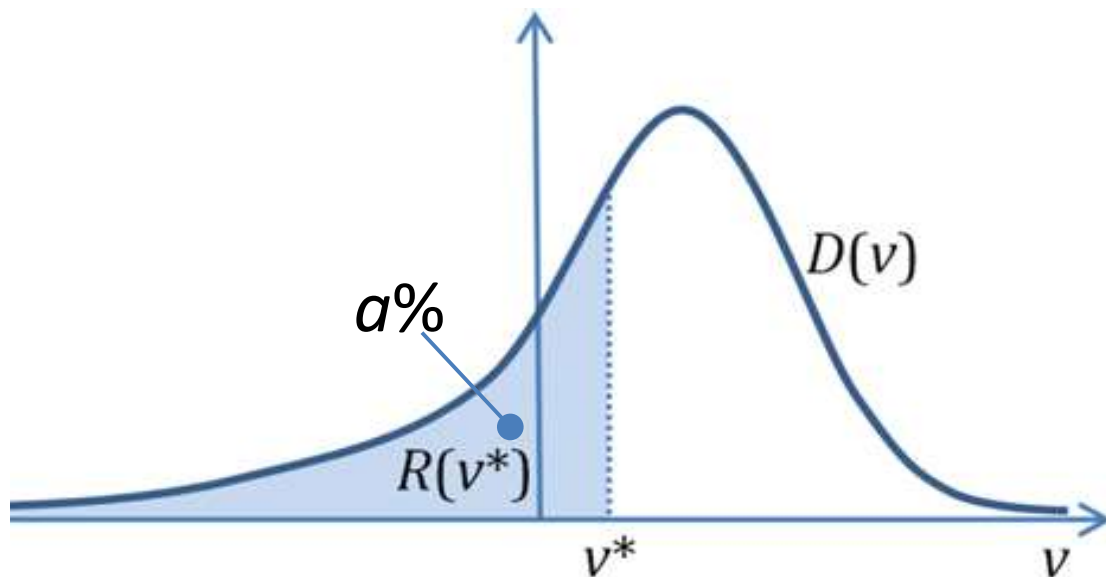
Je li σ dobra mjera rizika?

- Postoji još jedan dobar razlog zašto je potrebno definirati drugu mjeru rizika, koja je orijentirana na pad vrijednosti imovine ispod nekog predefiniranog praga:
 - Prilikom **knjiženja vrijednosti imovine** postoji **opće računovodstveno pravilo konzervativnosti**.
 - U knjige se mora unositi vrijednost imovine koja je kao takva sigurna „**izvan razumne sumnje**” (kao na suđenjima iz TV serija).
 - Dakle, **općenito, imovina se u poslovnim knjigama ne smije precjenjivati**.
 - Ako je vjerojatnost da će vrijednost imovine pasti ispod iznosa X manja ili jednaka od 5%, vrijednost X se može knjižiti, zato što se razina nesigurnosti procjene od 5% smatra dovoljno dobrom, u smislu odsustva „razumne sumnje”.
 - **Primjer:** Kako će poduzeće koje je vlasnik drugog poduzeća knjižiti u svojoj bilanci kapital uložen u to poduzeće?

Vrijednost kod rizika, VaR

(engl. *Value at Risk*)

- Stvarna vrijednost imovine, v , u načelu nije točno poznata, odnosno, ona ima neku statističku razdiobu, $D(v)$.
- Pronađimo **vrijednost imovine, v^* , kod koje kumulativna vjerojatnost, $R(v^*)$, iznosi α posto:**

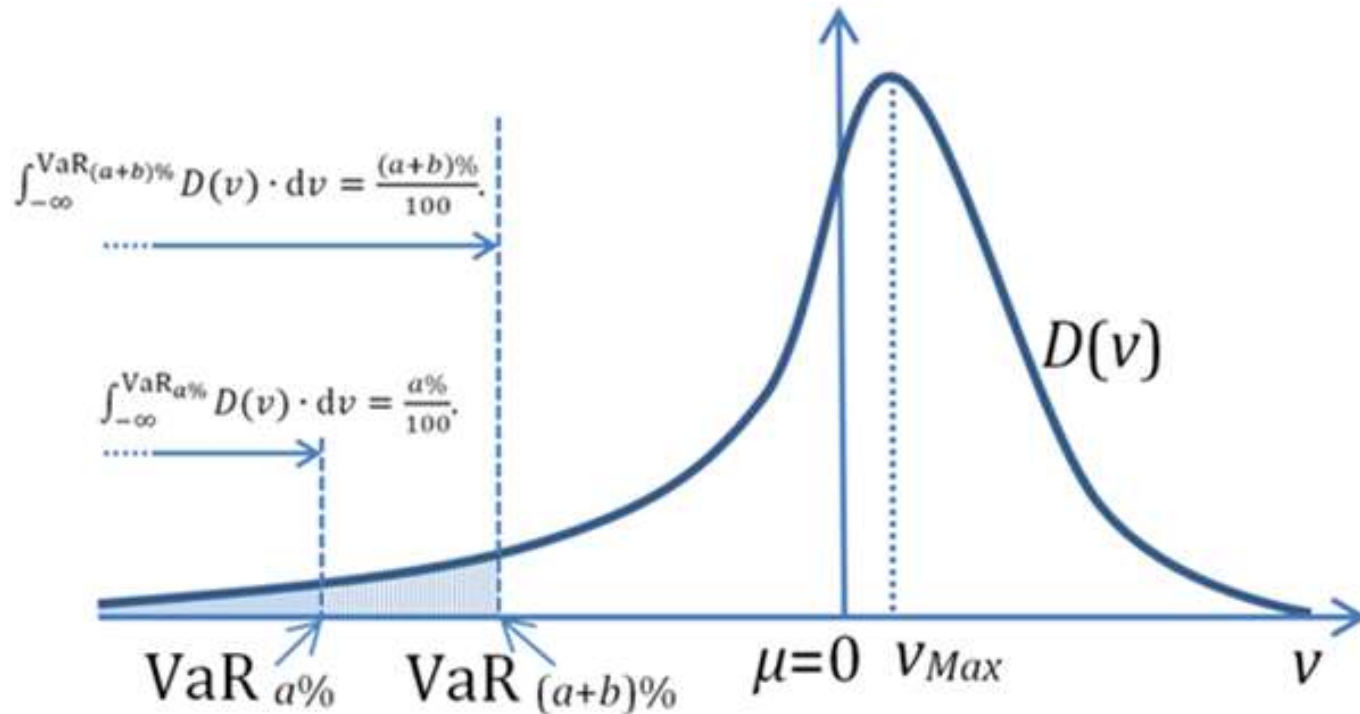


$$R(v^*) = \int_{-\infty}^{v^*} D(v) \cdot dv = \frac{\alpha\%}{100}.$$

Vrijednost v^* naziva se **vrijednošću kod rizika $\alpha\%$** ,
tj.: $\text{VaR}_{\alpha\%} = v^*$.

Vrijednost kod rizika, VaR

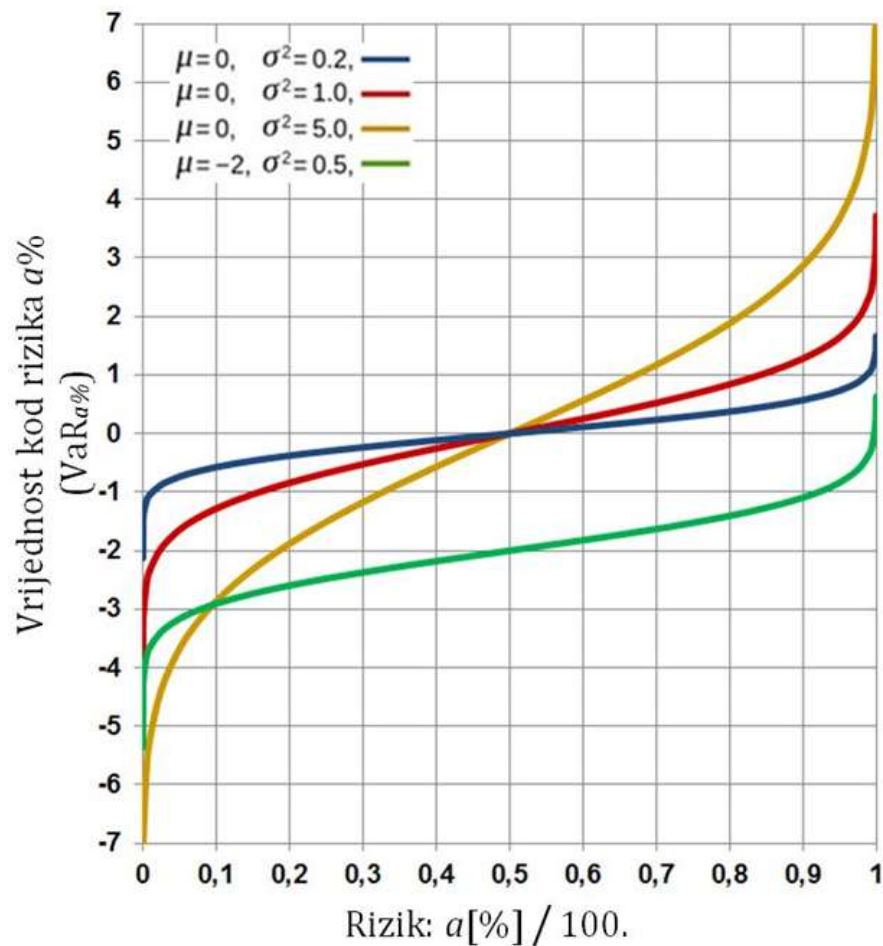
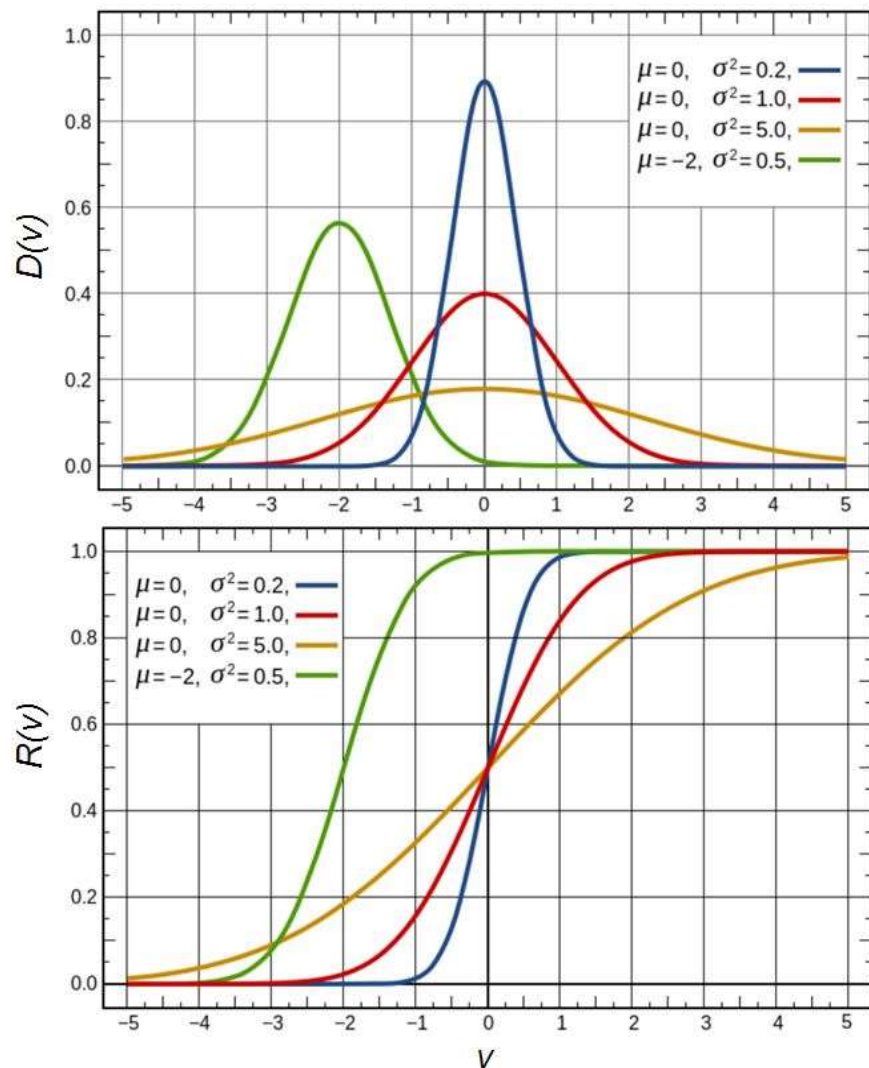
(engl. *Value at Risk*)



Po definiciji VaR-a vidimo što ta veličina u stvari jest. Funkcija kojom bi se opisala ovisnost parametra VaR o **postotnoj vjerojatnosti pogrešnog (previsokog) vrednovanja imovine** u stvari je **inverzna funkcija kumulativne razdiobe vjerojatnosti**.

Vrijednost kod rizika, VaR

Primjer VaR funkcije za normalnu razdiobu.



VaR kao relativna mjera rizične vrijednosti

- U dosadašnjem razmatranju definirali smo $VaR_{\alpha\%}$ kao veličinu za koju je $\alpha\%$ sigurno da vrijednost imovine **neće pasti** ispod nje.
- To je, na neki način, **apsolutna mjera** vrijednosti imovine pri razini statističke nesigurnosti od $\alpha\%$.
- U stvarnom poslovanju vrlo često postoji potreba za ocjenjivanjem veličine **gubitka vrijednosti u odnosu na neku razinu** (*benchmark*) koju smatramo prihvatljivom.
- Često puta, naročito kada je riječ o ulaganjima, nije nam primarni cilj znati vrijednost nekog portfelja imovine uz određenu razinu rizika, nego

vrijednost potencijalnog gubitka uz danu (prihvatljivu) razinu rizika.

VaR kao relativna mjera rizične vrijednosti

To vodi na sljedeće definicije VaR-a s obzirom na korišteni *benchmark*:

- vrijednost gubitka u odnosu na trenutnu tržišnu vrijednost v_0 :

$$\text{VaR}_{a\%,\Delta T}^0 = v_0 - \text{VaR}_{a\%,\Delta T}$$

- vrijednost gubitka u odnosu na očekivanu vrijednost, μ :

$$\text{VaR}_{a\%,\Delta T}^\mu = \mu - \text{VaR}_{a\%,\Delta T}$$

